

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-251835
(P2001-251835A)

(43) 公開日 平成13年9月14日 (2001.9.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 2 K 33/06		H 0 2 K 33/06	5 H 0 0 2
F 2 5 B 9/14	5 2 0	F 2 5 B 9/14	5 2 0 F 5 H 6 3 3
H 0 2 K 1/18		H 0 2 K 1/18	B
33/16		33/16	A
// F 2 5 B 9/00	3 1 1	F 2 5 B 9/00	3 1 1
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-63362(P2000-63362)

(22) 出願日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(71) 出願人 399123616

株式会社クライオデバイス
愛知県日進市米野木町南山500番地1

(72) 発明者 八東 真一

愛知県日進市米野木町南山500番地1 株
式会社クライオデバイス内

(72) 発明者 萩原 康正

愛知県日進市米野木町南山500番地1 株
式会社クライオデバイス内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

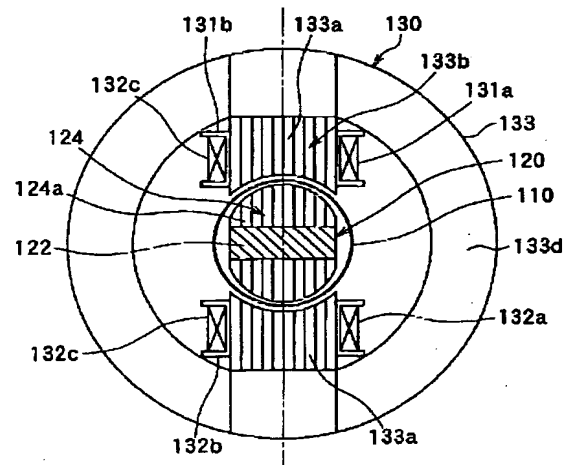
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リニア振動アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 リニア振動アクチュエータの効率が低下することを防止する。

【解決手段】 可動子120のヨーク124、及び電磁石(固定子)130のヨーク133(特に、主磁極133b)を構成する電磁鋼板の圧延面を可動子120の運動方向と略平行とするとともに、ボビン131b、132bをアルミニウム製としてその軸方向にスリットを設ける。これにより、磁気回路の磁気抵抗を小さくすることができるとともに、励磁コイル131a、132aの温度上昇を抑制しつつ、ボビン131b、132bに渦電流が流れることを防止できるので、リニア振動アクチュエータの効率を向上させることができる。



120: 可動子
122: 永久磁石
124: ヨーク (可動子鉄心)
130: 電磁石
131a, 132a: 励磁コイル
133: ヨーク (固定子鉄心)
133b: 主磁極

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性材料製の可動子鉄心(124)を有して磁界を誘起する第1磁界発生手段を備え、往復運動する可動子(120)と、

前記可動子(120)と面するとともに、前記可動子(120)の運動方向と直交する方向に延びる磁性材料製の固定子鉄心(133b)を有して磁界を発生させる第2磁界発生手段を備える固定子(130)とを具備し、

前記第1磁界発生手段により誘起された磁界及び前記第2磁界発生手段により誘起された磁界のうち、少なくとも一方の磁界の極性を周期的に変化させることにより前記可動子(120)を往復運動させ、

さらに、前記固定子鉄心(133b)及び前記可動子鉄心(124)のうち少なくとも一方は、薄板状の圧延鋼板(124a、133a)を積層したものであり、かつ、前記圧延鋼板(124a、133a)の圧延面と前記可動子(120)の運動方向とが略平行となっていることを特徴とするリニア振動アクチュエータ。

【請求項2】 磁界を誘起するとともに、往復運動する可動子(120)と、

前記可動子(120)と面するとともに、前記可動子(120)の運動方向と直交する方向に延びる磁性材料製の固定子鉄心(133b)を有して磁界を発生させる磁界発生手段を備える固定子(130)とを具備し、前記磁界発生手段により誘起された磁界の極性を周期的に変化させることにより前記可動子(120)を往復運動させ、

さらに、前記固定子鉄心(133b)は、薄板状の圧延鋼板(13a)を積層したものであり、かつ、前記圧延鋼板(133a)の圧延面と前記可動子(120)の運動方向とが略平行となっていることを特徴とするリニア振動アクチュエータ。

【請求項3】 筒状の巻き棒(131b、132b)に電線を巻き付けて構成されたソレノイドコイル(131a、132a)を有し、磁界を誘起する電磁石(130)と、

磁界を誘起するとともに、往復運動する可動子(120)とを備え、前記電磁石(130)により誘起された磁界の極性を周期的に変化させることにより前記可動子(120)を往復運動させ、

さらに、前記巻き棒(131b、132b)を金属製とするとともに、前記巻き棒(131b、132b)にその軸方向に延びる電気絶縁部(S)を設けたことを特徴とするリニア振動アクチュエータ。

【請求項4】 前記電気絶縁部は、前記巻き棒(131b、132b)をその軸方向に切断するスリット(S)であることを特徴とする請求項3に記載のリニア振動アクチュエータ。

【請求項5】 往復運動するとともに、磁界を誘起する

複数個の第1磁界発生手段を有する可動子(120)と、

前記可動子(120)と面するとともに、前記可動子(120)の運動方向と直交する方向の磁界を発生させる第2磁界発生手段を備える固定子(130)とを具備し、

前記複数個の第1磁界発生手段は、非磁性材製のスペーサ(125)を挟んで前記可動子(120)の運動方向に直列に並んでおり、

さらに、前記スペーサ(125)のうち前記固定子鉄心(133b)及び前記第1磁界発生手段と面する角部(125a)には、電気絶縁部(125b)が設けられていることを特徴とするリニア振動アクチュエータ。

【請求項6】 前記電気絶縁部は、前記スペーサ(125)のうち前記固定子鉄心(133b)及び前記第1磁界発生手段と面する角部(125a)を除去することにより構成されていることを特徴とするリニア振動アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、何らの変換機構を用いず、電気入力によって可動子に直接、直線的な往復運動を与えるリニア振動アクチュエータに関するもので、蓄冷器内で作動流体を膨張圧縮させることにより被冷却体を冷却するパルス管冷凍機やスターリング冷凍機等の蓄冷器式冷凍機に適用されるリニア圧縮機に適用して有効である。

【0002】

【従来の技術】リニア振動アクチュエータは、電磁石の極性を周期的に変化させることにより可動子を振動させるものであり、磁気回路中に永久磁石(マグネット)を含むものは、電磁石に通電する電流量に比例した推力を得ることができ、電磁石のみで構成したものは通電電流の略2乗に比例した推力を得ることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、発明者等はリニア振動アクチュエータの効率(=出力仕事/入力電力)を向上させるべく、種々の試作検討を行ったところ、リニア振動アクチュエータの効率が低下する原因として、以下の点を発見した。

【0004】すなわち、図13、14は発明者等が試作検討したリニア振動アクチュエータを示すもので、図13はリニア振動アクチュエータの可動子の運動方向と直交する断面を示す図である。そして、120は紙面垂直方向に往復運動するとともに可動子鉄心(ヨーク)及びマグネット122からなる可動子であり、130はソレノイドコイル131a、132a及び固定子鉄心(ヨーク)133からなる固定子である。そして、両鉄心124、133に渦電流が発生することを防止するために、薄板状の電磁鋼板を紙面垂直方向に積層して両鉄心12

4、133を構成している。

【0005】ところで、固定子鉄心（固定子）と可動子鉄心（固定子）との磁気ギャップ部（空隙部） δg に流れる磁束は、図14に示すように、磁束密度を均一とした状態で両鉄心間を流れるのではなく、可動子120の運動方向側の角部（エッジ部）に集中するようにその流れの向きを変えて両鉄心間を流れる。

【0006】ところで、電磁鋼板は、その圧延面と垂直な方向の磁化特性が圧延面と平行な方向の磁化特性に比べて著しく悪いため、上記試作品のごとく、両鉄心の積層方向が可動子の運動方向と一致させると、両鉄心を流れる磁束は、圧延面の垂直な方向にその流れの向きを転向させて両鉄心の角部に集中せざるを得ない。

【0007】したがって、磁気回路全体として見たときの磁気抵抗が大きくなり、両鉄心の運動方向の角部における磁束密度が小さくなるので、可動子を運動させる推力が小さくなり、リニア振動アクチュエータの効率が低下する。以下、この問題点を第1の問題点と呼ぶ。

【0008】また、ソレノイドコイルは、樹脂製の巻き枠に電線（巻き線）を巻き付けることにより構成されているが、ソレノイドコイルに通電すると、通電時に発生する熱（ジュール損・鉄損）によりソレノイドコイルの温度が上昇していく。そして、ソレノイドコイルの温度が上昇すると、ソレノイドコイルの電気抵抗が上昇するので、ソレノイドコイルに流れる電流値が小さくなり、ソレノイドコイルにより誘起される起磁力（磁界の強さ）が低下してしまう。したがって、可動子を運動させる推力が小さくなるので、リニア振動アクチュエータの効率が低下する。以下、この問題点を第2の問題点と呼ぶ。

【0009】また、可動子には、図14に示すように、非磁性体製のスペーサ125挟んでマグネット122が埋設されているが、前述のごとく、両鉄心間を流れる磁束は、両鉄心の角部に集中して両鉄心間を流れる。このため、可動鉄心の角部近傍における磁束密度の変化が大きくなるので、可動鉄心の近傍に位置するスペーサに渦電流が発生してしまい、リニア振動アクチュエータの効率が低下する。以下、この問題点を第3の問題点と呼ぶ。

【0010】本発明は、上記点に鑑み、リニア振動アクチュエータの効率が低下することを防止することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明では、磁性材料製の可動子鉄心（124）を有して磁界を誘起する第1磁界発生手段を備え、往復運動する可動子（120）と、可動子（120）と面するとともに、可動子（120）の運動方向と直交する方向に延びる磁性材料製の固定子鉄心（133b）を有して磁界を発生させる第2磁界発

生手段を備える固定子（130）とを具備し、第1磁界発生手段により誘起された磁界及び第2磁界発生手段により誘起された磁界のうち、少なくとも一方の磁界の極性を周期的に変化させることにより可動子（120）を往復運動させ、さらに、固定子鉄心（133b）及び可動子鉄心（124）のうち少なくとも一方は、薄板状の圧延鋼板（124a、133a）を積層したものであり、かつ、圧延鋼板（124a、133a）の圧延面と可動子（120）の運動方向とが略平行となっていることを特徴とする。

【0012】これにより、磁束は圧延面と平行な平面内にてその流れの向きを変えることとなるので、磁束が流れる向きにおける磁気抵抗が上記試作品に比べて小さくなる。したがって、上記の第1の問題が解決されるので、可動子（120）を運動させる推力が大きくなり、リニア振動アクチュエータの効率が向上する。

【0013】請求項2に記載の発明では、磁界を誘起するとともに、往復運動する可動子（120）と、可動子（120）と面するとともに、可動子（120）の運動方向と直交する方向に延びる磁性材料製の固定子鉄心（133b）を有して磁界を発生させる磁界発生手段を備える固定子（130）とを具備し、磁界発生手段により誘起された磁界の極性を周期的に変化させることにより可動子（120）を往復運動させ、さらに、固定子鉄心（133b）は、薄板状の圧延鋼板（13a）を積層したものであり、かつ、圧延鋼板（133a）の圧延面と可動子（120）の運動方向とが略平行となっていることを特徴とする。

【0014】これにより、磁束は圧延面と平行な平面内にてその流れの向きを変えることとなるので、磁束が流れる向きにおける磁気抵抗が上記試作品に比べて小さくなる。したがって、上記の第1の問題が解決されるので、可動子（120）を運動させる推力が大きくなり、リニア振動アクチュエータの効率が向上する。

【0015】請求項3に記載の発明では、筒状の巻き枠（131b、132b）に電線を巻き付けて構成されたソレノイドコイル（131a、132a）を有し、磁界を誘起する電磁石（130）と、磁界を誘起するとともに、往復運動する可動子（120）とを備え、電磁石（130）により誘起された磁界の極性を周期的に変化させることにより可動子（120）を往復運動させ、さらに、巻き枠（131b、132b）を金属製とするとともに、巻き枠（131b、132b）にその軸方向に延びる電気絶縁部（S）を設けたことを特徴とする。

【0016】これにより、ソレノイドコイル（131a、132a）に発生した熱を巻き枠（131b、132b）を介して速やかに放熱することができるので、ソレノイドコイル13（1a、132a）の温度上昇を抑制できる。

【0017】また、電気絶縁部（S）が設けられている

ので、巻き棒(131b、132b)に渦電流が発生することを防止でき、リニア振動アクチュエータの効率を向上させることができる。

【0018】なお、電気絶縁部は、請求項4に記載の発明のごとく、巻き棒(131b、132b)をその軸方向に切断するスリット(S)にて構成してもよい。

【0019】請求項5に記載の発明では、往復運動するとともに、磁界を誘起する複数の第1磁界発生手段を有する可動子(120)と、可動子(120)と面するとともに、可動子(120)の運動方向と直交する方向の磁界を発生させる第2磁界発生手段を備える固定子(130)とを具備し、複数の第1磁界発生手段は、非磁性材製のスペーサ(125)を挟んで可動子(120)の運動方向に直列に並んでおり、さらに、スペーサ(125)のうち固定子鉄心(133b)及び第1磁界発生手段と面する角部(125a)には、電気絶縁部(125b)が設けられていることを特徴とする。

【0020】これにより、第1磁界発生手段の近傍に位置するスペーサ(125)に渦電流が発生することを防止できるので、第3の問題点を解決することができ、リニア振動アクチュエータの効率を向上させることができる。

【0021】なお、電気絶縁部は、請求項6に記載の発明のごとく、スペーサ(125)のうち固定子鉄心(133b)及び第1磁界発生手段と面する角部(125a)を除去することにより設けてもよい。

【0022】因みに、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0023】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)本実施形態は、本発明に係るリニア振動アクチュエータをパルス管冷凍機用のリニア圧縮機(以下、圧縮機と略す。)に適用したものであって、図1はパルス管冷凍機なのである。なお、パルス管冷凍機全体としての作動は、特許第2699957号に記載の発明と同様であるので、本明細書では、パルス管冷凍機そのものの作動説明は省略する。

【0024】100は本実施形態に係る圧縮機(流体駆動装置)であり、この圧縮機100により後述する蓄冷器200内で作動流体(具体的には、 H_2 、 N_2 、 H_2 、Ar、Ne等)を膨張圧縮(定在波成分を発生)させるとともに、作動流体に変位(進行波成分)を与える。なお、圧縮機100の詳細構造は、後述する。

【0025】200は作動流体との間で熱の授受を行う蓄冷器であり、この蓄冷器200は、その内部を流通する作動流体の圧縮時においては、作動流体から熱を速やかに吸収するとともに、膨張時においては、その吸熱した熱を速やかに作動流体に与える必要があることから、作動流体より十分に熱容量が大きく、かつ、熱伝導率の比較的高い材料にて構成されている。

【0026】具体的には、ステンレス、銅、銅合金等からなる金属網状体(金属メッシュ)を積層するか、若しくはステンレス・鉛等の金属球等を密閉容器内に封入したものである。このとき、圧縮機100から蓄冷器200を経て後述する冷却部210に熱が伝導すると、冷却部210の冷却能力が低下するので、蓄冷器200での熱伝導を極力抑制する必要がある。このため、金属網状体にて蓄冷器200を構成するときは、金属網状態の積層方向を作動流体の変位方向(蓄冷器200の軸方向)に設定することが好ましい。

【0027】また、蓄冷器200の端部には被冷却体(超伝導体や赤外線センサ等)を直接接触させて冷却する冷却部210が設けられており、この冷却部210は、銅、インジウム等の熱伝導率の高い金属にて形成されている。

【0028】300は冷却部210に隣接して蓄冷器200内空間と連通するように配置されたパルス管であり、このパルス管300はステンレス、チタン、チタン合金等からなる薄肉金属パイプで構成されている。

【0029】400はパルス管300内から変位した作動流体を一時的に蓄えるバッファタンクで、このバッファタンク400とパルス管300の間には、パルス管300とバッファタンク400との圧力差が所定値に達したとき開くように構成された第1リリーフバルブ500及び第2リリーフバルブ600(流体変位制御弁装置)が配置されている。

【0030】さらに、第1リリーフバルブ500はパルス管300からバッファタンク400へと変位する作動流体を閉止するように構成されており、第2リリーフバルブ600はバッファタンク400からパルス管300へと変位する作動流体を閉止するように構成されている。

【0031】なお、圧縮機100、蓄冷器200、冷却部210、パルス管300、両リリーフバルブ500、600及びバッファタンク400は、(一次元モデルにおいて)作動流体の変位方向に直列に配置されており、蓄冷器200、冷却部210及びパルス管300(図1の2点鎖線で囲まれて構成部)は、外部との断熱のため、図示しない真空容器の内部に配設されている。

【0032】700は蓄冷器200を迂回してパルス管300のバッファタンク400側と圧縮機100とを結ぶダブルインレットパイプ(管)で、このダブルインレットパイプ700により圧縮機100によって作動流体に与えられた圧力は、パルス管300のバッファタンク400側からパルス管300内に入力される。

【0033】また、ダブルインレットパイプ700には電磁弁(流体圧縮制御弁装置)800が配置されており、この電磁弁800を開閉することによりダブルインレットパイプ700の連通状態を制御している。

【0034】次に、圧縮機100について述べる。

【0035】図2は圧縮機100の模式図であり、この圧縮機100は、蓄冷器200と圧縮機100の吐出口111とを接続する配管900を挟んで対称となるような構造（対向ピストン型構造）となっている。

【0036】110は配管900を介して蓄冷器200内に連通する丸パイプ状に形成されたステンレス製の圧力容器であり、この圧力容器110内には、圧力容器110の長手方向に往復運動する略円柱状の可動子120が配設されている。

【0037】そして、可動子120の長手方向一端側（吐出口111側）には、圧力容器110の内壁に対して微少な隙間を有して位置する円柱状のピストン部121が設けられており、このピストン部121が可動子120と一体に往復運動することにより作動流体が膨張圧縮される。因みに、圧力容器110のうちピストン部121が往復移動する部位を特にシリンダと呼び、このシリンダは、ピストン部121と略等しい線膨張係数を有する材質にて形成されている。

【0038】また、可動子120のうちピストン部121より長手方向他端側には、盤状の永久磁石122が固定（埋設）されたブランチ部123が設けられており、このブランチ部123とピストン部121とは、ねじ結合されている。

【0039】なお、永久磁石122の両極側（N極・S極側）には、永久磁石122にて誘起された磁束を両極側に集合させて両極における磁束密度を高めるべく、薄板状の電磁鋼板又はけい素鋼板等の磁性材料からなる圧延鋼板を積層することによって形成されたヨーク（可動子鉄心）124が設けられており、ヨーク124及び永久磁石122は、ステンレスやアルミニウム合金等の非磁性材からなるスペーサ125を挟んで可動子120の運動方向（紙面左右方向）に直列に並んで設けられている。

【0040】一方、永久磁石122により誘起された磁界（磁場）のうち圧力容器110の外部空間には、圧力容器110を挟んで対向するように配置された第1、2電磁石（固定子）131、132を1組（以下、この第1、2電磁石131、132を電磁石130と呼ぶ。）として、複数組（本実施形態では2×2組）の電磁石130が圧力容器110の長手方向に並んで、圧力容器110と共に台座140に固定されている。

【0041】また、電磁石130は、図3に示すように、第1、2励磁コイル131a、132a及び両励磁コイル（ソレノイドコイル）131a、132aにより誘起された磁束の磁路を構成するヨーク（固定子鉄心）133からなる第2磁界発生手段を有して構成されており、ヨーク133は、ヨーク133内で渦電流が発生することを抑制すべく、薄板状の電磁鋼板又はけい素鋼板等の磁性材料からなる圧延鋼板133aを積層することによって形成されている。なお、両励磁コイル131

a、132aは、樹脂製の角パイプ状（角筒状）のボビン（巻き枠）131b、132bに銅線（電線）等の巻き線を巻き付けることにより構成されたものである。

【0042】そして、ヨーク133のうち可動子120と面して可動子120の運動方向（紙面垂直方向）と直交する方向に延びる（両励磁コイル131a、132aの内部を貫通する）主磁極133b、及び可動子120のヨーク124を構成する圧延鋼板133a、124aは、その圧延面と可動子120の運動方向とが略平行となるように積層されている。因みに、本実施形態では、ヨーク133のうち主磁極133b以外の部分（リング状の部分）の圧延鋼板133aは、その圧延面が可動子120の運動方向と直交するように積層されている。

【0043】なお、本実施形態では、電磁石130（第2磁界発生手段）により主磁極133bには可動子120の運動方向と略直交する方向の磁界が誘起されるとともに、その磁路は可動子120の運動方向と略直交する面内を流れるような磁気回路（ラジアル磁束形）を構成する。

【0044】ところで、可動子120は、図2に示すように、ピストン部121及びブランチ部123が圧力容器110の内壁に接触することがないように、その長手方向両端側にて、薄帯板状の板バネ151を積層した支持部材150により支持されており、この支持部材150は、丸パイプ状に形成されたステンレス製の支持部材ケース160内に収納されている。

【0045】そして、支持部材150の各板バネ151は、図4に示すように、板バネ151の長手方向各部位における最大応力が略等しくなるように、中央部で細くくびれた形状に成形されている。因みに、図4中、斜線部は各板バネ151を支持部材ケース160に固定するための固定部である。

【0046】なお、本実施形態では、ピストン部121には、ピストンリング等の摺動しながら気密性を保持するシール手段を設けず、ピストン部121と圧力容器110の内壁との隙間を微小とすることで、一種のメカニカルシールを構成して気密性を保持しているため、圧力容器110のうちブランチ部123側の空間にも内圧が作用する。このため、支持部材ケース160は、圧力容器110に連通しているため、圧力容器110と共に内圧が作用する圧力容器として機能する。

【0047】因みに、可動子120（ピストン部121及びブランチ部123）は、圧力容器110の内壁に接触することなく往復運動するが、外部からの振動等により可動子120が振動した際には、圧力容器110との隙間（クリアランス）が小さいピストン部121は、圧力容器110内壁に接触する可能性がある。そこで、本実施形態では、ピストン部121の外周壁に樹脂を被覆してピストン部121及び圧力容器110の内壁を保護している。

【0048】ところで、圧縮機100（電磁石130）は、コントローラ（電子制御装置）900によって制御されており、コントローラ900は、可動子120、支持部材150及び圧力容器110内の作動流体の弾性特性を考慮した振動系の固有振動数と等しい周波数の交流電流を電磁石130に通電して電磁石130の極性を周期的に変化させることにより、電磁石130と可動子120に埋設された永久磁石122との間に発生する引力及び斥力の向きを周期的に反転させて可動子120を往復運動させている。

【0049】なお、本実施形態に係る圧縮機では、可動子120が上死点（ピストン部121が吐出口111に最も近づいた時）と下死点（ピストン部121が吐出口111に最も離れた時）との中間位置に到達した時（以下、この時の可動子120の位置を振幅の中心と呼ぶ。）において、永久磁石122と電磁石130との間のパーミアンスの変化率が最大となるように、永久磁石122及び電磁石130が配置されている。このため、本実施形態に係る圧縮機では、可動子120に作用する推力は、振幅の中心にて最大となる。

【0050】次に、本実施形態の特徴を述べる。

【0051】主磁極133bとヨーク124との磁気ギャップ部（空隙部） δg 流れる磁束は、図5に示すように、主磁極133bのうち可動子120の運動方向側の角部（エッジ部）133cに集中するようにその流れの向きを変えるが、本実施形態では、主磁極133b及び可動子120のヨーク124を構成する圧延鋼板133a、124aは、その圧延面と可動子120の運動方向とが略平行となるように積層されているので、磁束は圧延面と平行な平面内にてその流れの向きを変えることとなる。

【0052】したがって、磁束が流れる向きにおける磁気抵抗が上記試作品に比べて小さくなるので、主磁極133bの角部133c及びヨーク124の運動方向の角部124bにおける磁束密度が大きくなる。延いては、上記の第1の問題が解決されるので、図6に示すように、可動子120を運動させる推力が大きくなり、圧縮機（リニア振動アクチュエータ）の効率が向上する。

【0053】なお、本実施形態では、図3に示すように、ヨーク133のうち主磁極133b以外の部分（リング状の部分）133dの圧延鋼板133aは、その圧延面が可動子120の運動方向と直交するように積層されているが、この部位133dにおいて磁束は、圧延面平行な平面内においてその流れの向きを変えるので、部133dにおいて磁気抵抗が増大するといった問題は発生しない。因みに、主磁極133bとリング状の部位133dとは、レーザ溶接等の接合手段により接合されている。

【0054】ところで、本実施形態では、永久磁石122及びヨーク124により磁界を誘起する第1磁界発生

手段を構成したが、ヨーク124を廃止し、永久磁石122のみで第1磁界発生手段を構成してもよい。

【0055】また、本実施形態では、主磁極133bの圧延面、及びヨーク124の圧延面の両者が可動子120の運動方向と略平行となるようにしたが、いずれか一方の圧延面のみが可動子120の運動方向と略平行となるようにしてもよい。

【0056】（第2実施形態）第1実施形態では、主磁極133bの圧延面のみが可動子120の運動方向と略平行であったが、本実施形態は、図7、8に示すように、ヨーク133の圧延面全体が可動子120の運動方向と略平行となるように構成したものである。

【0057】なお、本実施形態に係るヨーク133は、トランスの鉄心と同様な手法にて製造されるもので、先ず図9（a）に示すように、治具に圧延鋼板を巻き付けて巻き付けられた圧延鋼板を接合し、その後、図9（b）に示すように、可動子120が装着される部位を切断除去することにより製造されている。

【0058】（第3実施形態）第1、2実施形態では、樹脂製のボビン131b、132bを採用したが、本実施形態は、ボビン131b、132bを樹脂より熱伝導率の高い金属製（本実施形態では、アルミニウム製）とするとともに、図10に示すように、ボビン131b、132bの軸方向に延びるようにボビン131b、132bを切断するスリットS（電気絶縁部）を設けたものである。

【0059】これにより、通電により励磁コイル131a、132aに発生した熱をボビン131b、132bを介して速やかに放熱することができるので、励磁コイル131a、132aの温度が上昇することを抑制できる。

【0060】したがって、ソレノイド励磁コイル131a、132aにより誘起される起磁力（磁界の強さ）が低下してしまうことを防止できるので、第2の問題点を解決することができ、可動子120を運動させる推力が大きくなり、圧縮機（リニア振動アクチュエータ）の効率が向上する。

【0061】ところで、ボビン131b、132bを金属製とすると、励磁コイル131a、132aに通電することにより、図11に示すように、ボビン131b、132bの外周壁をその軸方向の周りに回るように流れる渦電流が発生し、却って、圧縮機（リニア振動アクチュエータ）の効率が低下するおそれがある。

【0062】これに対して、本実施形態では、ボビン131b、132bの軸方向に延びるようにボビン131b、132bを切断するスリットSを設けたので、軸方向周りに流れる渦電流が流れることを防止できる。

【0063】したがって、本実施形態では、励磁コイル131a、132aの温度上昇を抑制しつつ、ボビン131b、132bに渦電流が発生することを防止できる

ので、より確実に圧縮機（リニア振動アクチュエータ）の効率を向上させることができる。

【0064】なお、本実施形態では、主磁極133bの圧延面が可動子120の運動方向と略平行となるように構成した上で、ボビン131b、132bを金属製とするとともに、ボビン131b、132bの軸方向に延びるようにボビン131b、132bを切断するスリットSを設けたが、主磁極133bの圧延面が可動子120の運動方向と直交（交差）するように構成した上でボビン131b、132bを金属製とするとともに、ボビン131b、132bの軸方向に延びるようにボビン131b、132bを切断するスリットSを設けてもよい。

【0065】また、スリットSに換えて、ボビン131b、132bにその軸方向に延びるように電気絶縁体を埋設してもよい。

【0066】（第4実施形態）本実施形態は、図12に示すように、スペーサ125のうち主磁極133b及びヨーク124と面する角部125aを切断除去して、角部125aに電気絶縁部125bを設けたものである。

【0067】これにより、ヨーク124の近傍に位置するスペーサ125に渦電流が発生することを防止できるので、第3の問題点を解決することができ、圧縮機（リニア振動アクチュエータ）の効率を向上させることができる。

【0068】なお、本実施形態では、本実施形態では、主磁極133bの圧延面が可動子120の運動方向と略平行となるように構成し、ボビン131b、132bを金属製とするとともにボビン131b、132bの軸方向に延びるようにボビン131b、132bを切断するスリットSを設け、かつ、スペーサ125の角部125aに電気絶縁部125bを設けたが、本実施形態は、少なくともスペーサ125の角部125aに電気絶縁部125bを設ければよい。

【0069】また、本実施形態では、永久磁石122及びヨーク124により磁界を誘起する第1磁界発生手段を構成したが、ヨーク124を廃止し、永久磁石122のみで第1磁界発生手段を構成してもよい。

【0070】（その他の実施形態）本発明に係るリニア振動アクチュエータは、パルス管冷凍機用の圧縮機にその適用が限定されるものではなく、工作機械用のアクチュエータやスターリング冷凍機用の圧縮機等その他のものに対しても適用することができる。

【0071】また、上述の実施形態では、可動部材12

0には、永久磁石122が埋設されていたが、永久磁石122に代えて電磁石として、この電磁石に交流電流を通電してもよい。なお、この場合、压力容器110の外部に配設された電磁石130に直流電流を通電するか、又は可動部材120に設けた電磁石と電磁石130に通電する交流電流の位相をずらすか、又は電磁石130に代えて永久磁石とする必要がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るリニア振動アクチュエータを用いたパルス管冷凍機の模式図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る圧縮機の模式図である。

【図3】図2のA-A断面図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係る板バネの正面図である。

【図5】本発明の第1実施形態に係るリニア振動アクチュエータにおける磁束流れを示す模式図である。

【図6】可動子に発生する推力と可動子の位置（印加電圧0の状態からのずれ量）との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の第2実施形態に係るリニア振動アクチュエータの断面図である。

【図8】本発明の第2実施形態の変形例に係るリニア振動アクチュエータの断面図である。

【図9】本発明の第2実施形態に係るリニア振動アクチュエータに適用されるヨークの製造方法を示す説明図である。

【図10】本発明の第3実施形態に係るリニア振動アクチュエータに使用されるボビンの斜視図である。

【図11】ボビン内を流れる渦電流の模式図である。

【図12】（a）は本発明の第4実施形態に係るリニア振動アクチュエータに使用される可動子の断面図であり、（b）は側面図である。

【図13】試作に係るリニア振動アクチュエータの断面図である。

【図14】試作に係るリニア振動アクチュエータの断面図である。

【符号の説明】

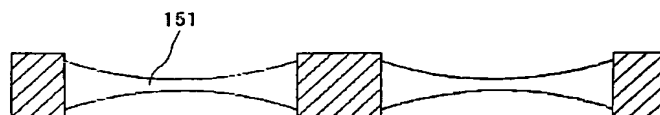
120…可動子、122…永久磁石、124…ヨーク

（可動子鉄心）、

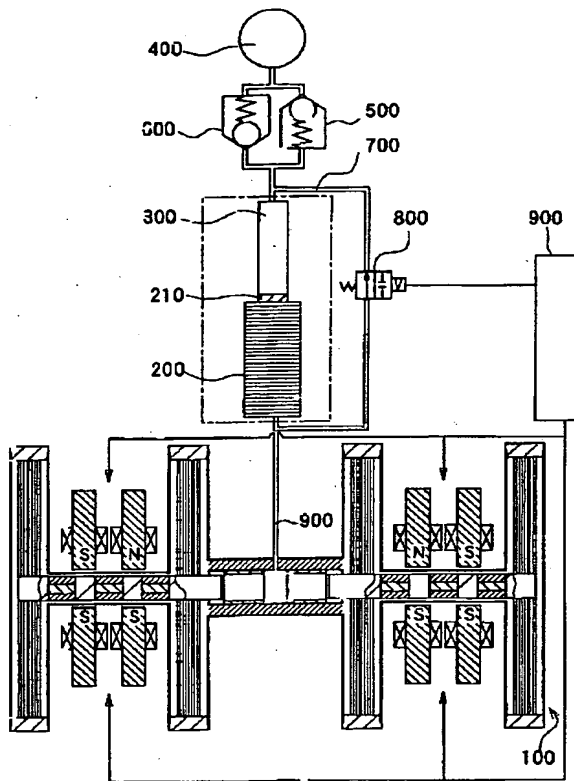
130…電磁石（固定子）、131a、132a…励磁コイル、

133…ヨーク（固定子鉄心）、133b…主磁極。

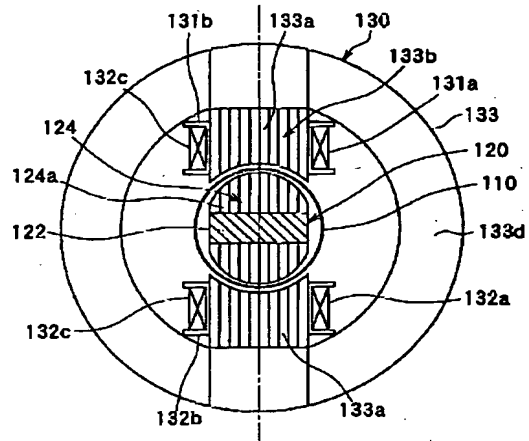
【図4】



【図1】

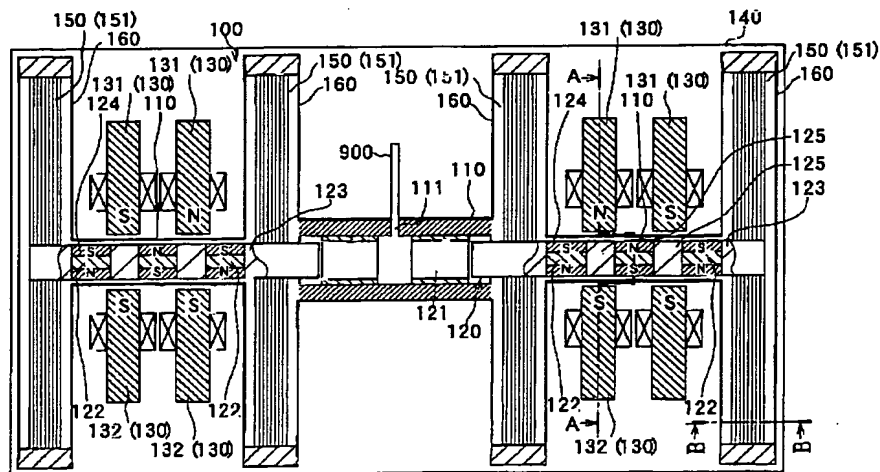


【図3】

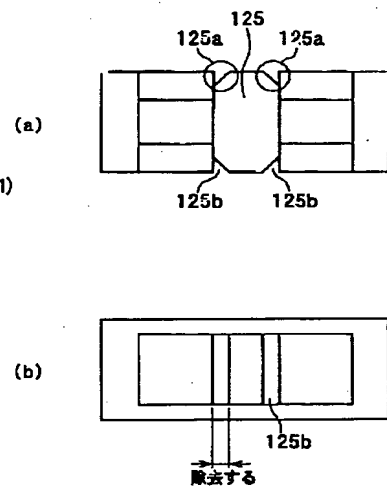


- 120: 可動子
- 122: 永久磁石
- 124: ヨーク (可動子鉄心)
- 130: 電磁石
- 131a, 132a: 励磁コイル
- 133: ヨーク (固定子鉄心)
- 133b: 主磁極

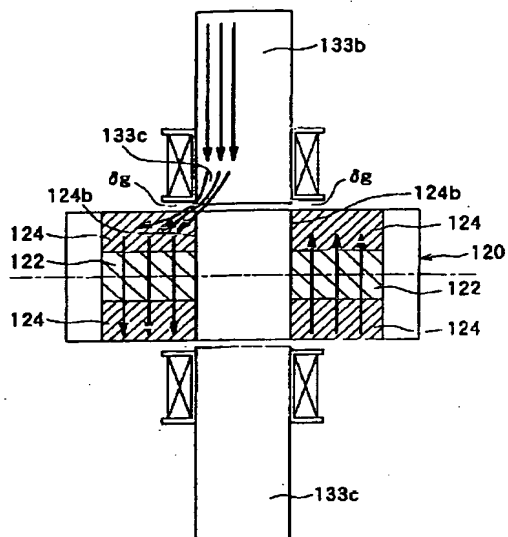
【図2】



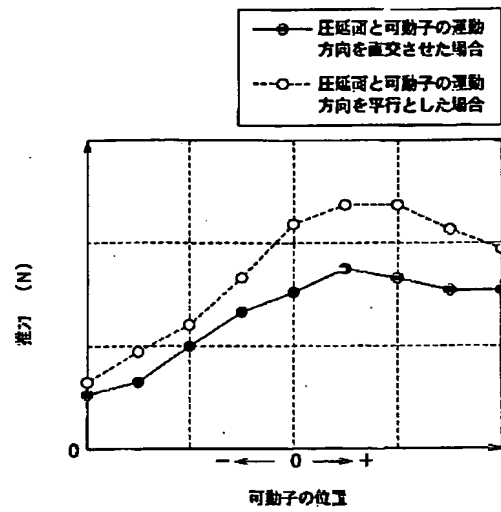
【図12】



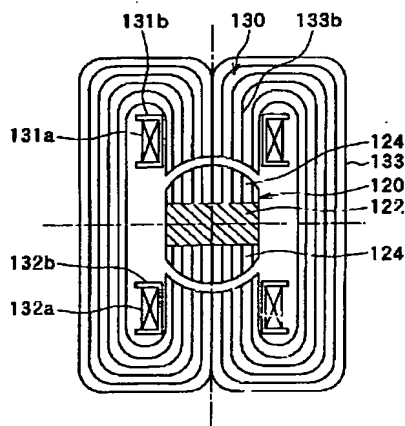
【図5】



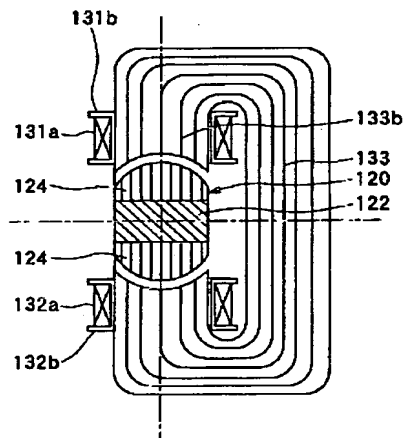
【図6】



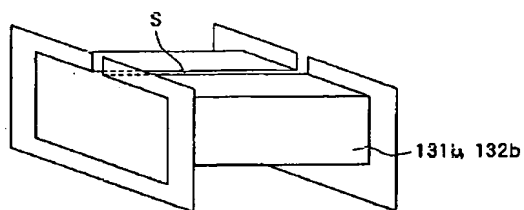
【図7】



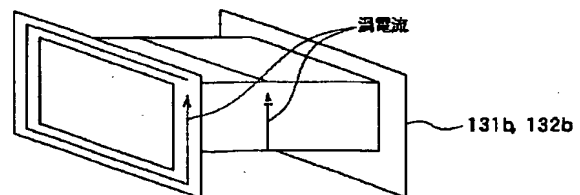
【図8】



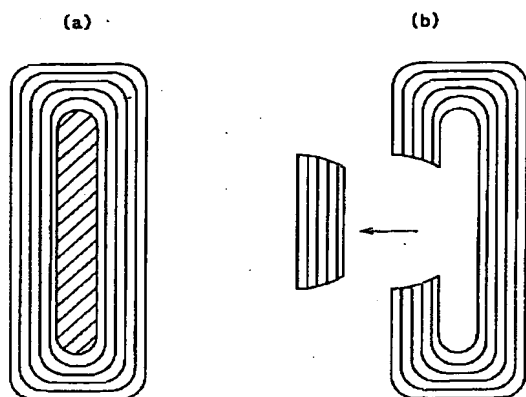
【図10】



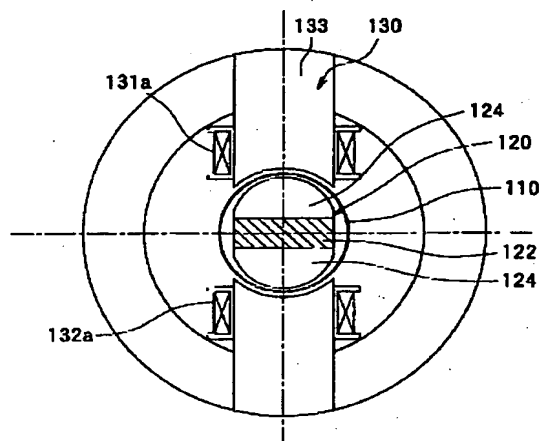
【図11】



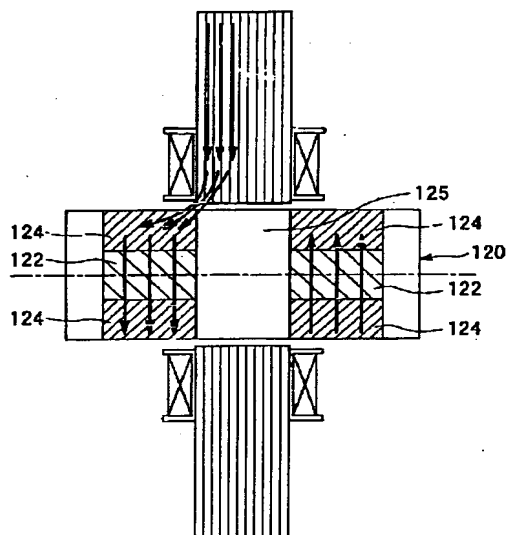
【図9】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H002 AA03 AE08
5H633 BB08 BB11 GG02 GG04 GG05
GG09 GG13 GG17 HH03 HH04
HH09 HH18 HH21 HH22 HH24
JB03 JB04